

4 低周波音

計画地及びその周辺において、表1.4.4-1に示すとおり、低周波音の状況を調査し、存在・供用時におけるパワーコンディショナ等の稼働に伴う周辺環境への影響について予測及び評価を行った。

表1.4.4-1 影響要因の区分と環境要素の区分、並びに調査項目との関係（低周波音）

影響要因の区分		環境要素の区分	調査項目
存在・供用による影響	低周波音の発生（パワーコンディショナ等の稼働）	低周波音	低周波音

4.1 調査

(1) 調査項目

本事業に伴う低周波音への影響について予測するための基礎資料を得る事を目的に、表1.4.4-1に示す項目について調査を行った。

(2) 調査方法

低周波音の調査内容は、表1.4.4-2に示すとおりである（調査状況の写真は「2騒音 2.1(2)」写真1.4.2-1（p.1.4.2-1）参照）。

表1.4.4-2 調査内容（低周波音）

環境要素	調査項目	調査方法	調査頻度・時期等
低周波音	低周波音	「低周波音の測定方法に関するマニュアル」（平成12年10月、環境庁大気保全局）に定める方法	1回（24時間連続）

(3) 調査地域及び地点

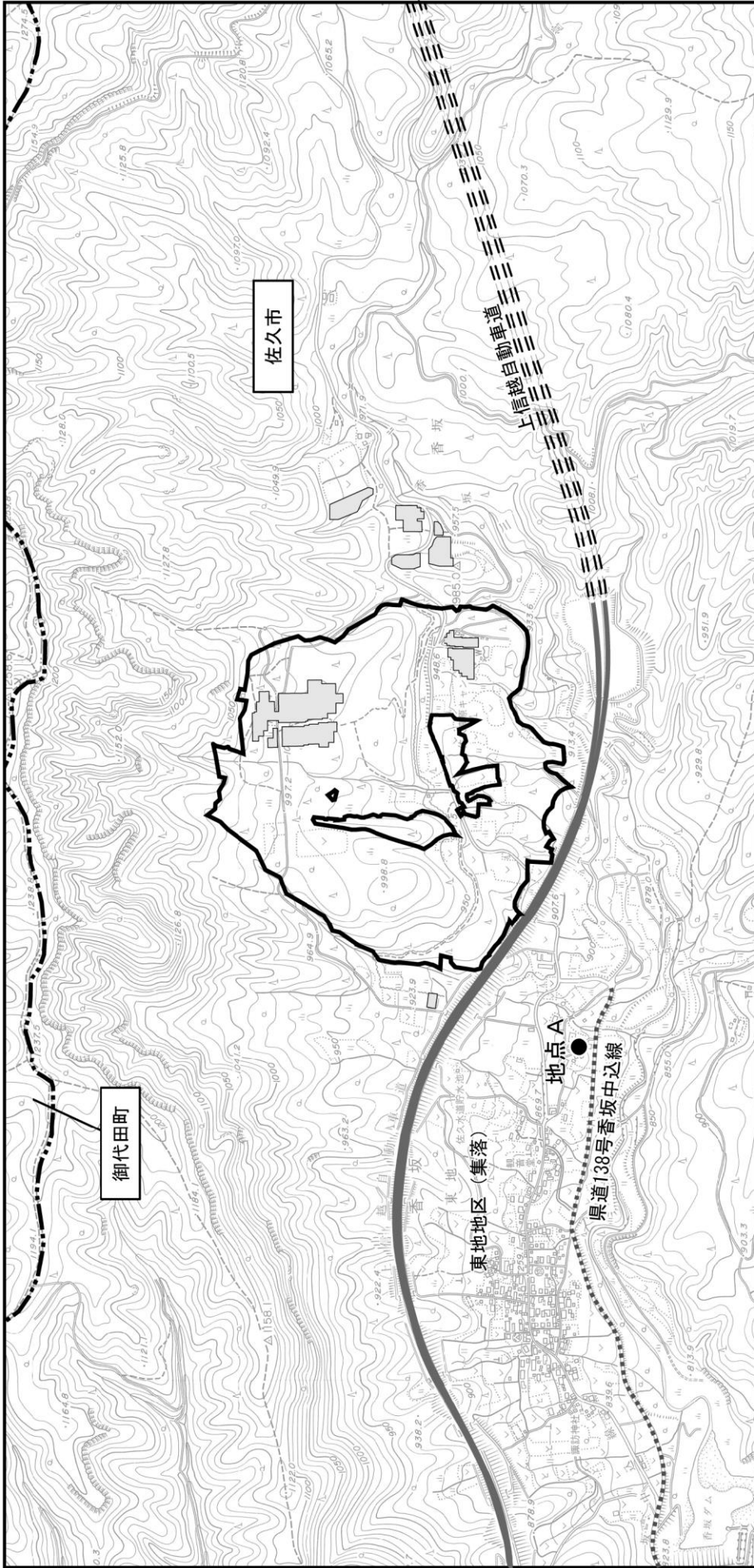
低周波音の調査地域は計画地周辺とし、存在・供用時におけるパワーコンディショナ等の稼働に伴う影響を考慮して、計画地周辺の集落とした。

低周波音の調査地点は表1.4.4-3及び図1.4.4-1に示すとおりである。

表1.4.4-3 低周波音に係る調査地点及びその選定理由

調査項目	地点番号	地点名	選定理由
低周波音	A	東地文化センター	計画地近傍の集落内の施設であり、集落内における低周波音の現状を把握できる地点であるため、調査地点として選定する。

注) 方法書（再実施）では、計画地内南西部の既存住居付近の地点を低周波音の地点として設定していたが、その後、計画地内に居住していた方が移転されたため、その地点は調査地点から除外した。



凡例

- 計画地
- 高速道路
- 低周波音調査地点 (地点A)
- - - - 市・町界
- 県道

注1) 図中の□は、既存の太陽光パネルの設置範囲である。
 注2) この地図は、佐久市の1万分の1佐久市NO.3を使用したものである。

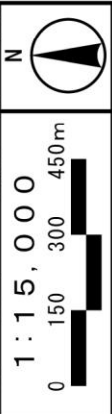


図 1.4.4-1 低周波音調査地点

(4) 調査期間

調査期間は、表1.4.4-4に示すとおりである。

表1.4.4-4 調査期間

調査項目	調査期間
低周波音	平成29年11月7日(火)7時～11月8日(水)7時

(5) 調査結果

低周波音の調査結果は、表1.4.4-5に示すとおりである。

地点AにおけるG特性音圧レベルは68.7dBであった。低周波音については基準等が定められていないが、超低周波音の影響の評価特性としてISO 7196に規定されたG特性音圧レベルでは、1～20Hzの周波数範囲において、平均的な被験者が知覚できる超低周波音をG特性加重音圧レベルで概ね100dBとしている。調査地点のG特性音圧レベルは、「平均的な被験者が知覚できる超低周波音（G特性加重音圧レベルで概ね100dB）」を下回っていた。

地点Aにおける1/3オクターブバンドレベル音圧レベル（平坦特性）の卓越周波数は1Hzであり、卓越周波数における音圧レベルは66.9dBであった。「低周波音防止対策事例集」（平成14年3月、環境省環境管理局）では、低周波音の感覚実験結果（図1.4.4-2）及び低周波音による建具のがたつきに関する実験室実験結果（図1.4.4-3）が示されている。低周波音の感覚実験結果では、「圧迫感、振動感」を感じる領域が示されており、その下限は40Hz付近で78dB程度とされている。低周波音による建具のがたつきに関する実験室実験結果では、建具は周波数が低いほど小さな音圧レベルでがたつきやすく、揺れやすい建具ではおよそ5Hzで70dB、10Hzで73dB、20Hzで80dBあたりからがたつき始めるという結果が得られており、図1.4.4-3に示す「建具のがたつき始める値」の下限ががたつき傾向の目安となるとされている。調査地点での1/3オクターブバンドレベル音圧レベル（平坦特性）は、「圧迫感・振動感の下限」及び「建具のがたつきが始まる値」を下回っていた。なお、Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベルと比較すると、50～80Hzで基準曲線の音圧レベルの値を超えている状況であった。

表1.4.4-5 低周波音の調査結果（地点A）

		低周波音の音圧レベル (dB)	参考指標 ^{注4)}				
			平均的な被験者が知覚できる超低周波音 (G特性音圧レベル)	圧迫感、振動感を感じる音圧レベル	建具のがたつき始める音圧レベル	Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベル	
平坦特性 ^{注1)}	1 / 3 オクターブバンド中心周波数 (Hz)	1	66.9	—	—	—	—
		1.25	66.8	—	—	—	—
		1.6	66.6	—	—	—	—
		2	66.4	—	—	—	—
		2.5	65.7	—	—	—	—
		3.15	64.8	—	—	—	—
		4	63.5	—	—	—	—
		5	61.9	—	115	70	—
		6.3	60.1	—	111	71	—
		8	58.6	—	108	72	—
		10	57.4	—	105	73	92
		12.5	57.0	—	101	75	87
		16	55.9	—	97	77	83
		20	54.5	—	93	80	74
		25	52.2	—	88	83	64
		31.5	49.5	—	83	87	56
		40	47.0	—	78	93	49
		50	44.7	—	78	99	43
		63	46.1	—	80	—	42
		80	44.7	—	84	—	40
音圧レベル (AP) ^{注3)}		75.2	—	—	—	—	
G特性音圧レベル ^{注2)}		68.7	100	—	—	—	

注1) 平坦特性音圧レベル：人体の感覚に基づく補正を施さない音圧レベル

注2) G特性音圧レベル：人体の感覚に基づく補正を施した音圧レベル（ISO-7196において規定）

注3) AP（オールパス）：中心周波数ごとの音圧レベルのエネルギー合成値

注4) 平均的な被験者が知覚できる超低周波音（G特性音圧レベル）

：ISO 7196より設定した。

圧迫感、振動感を感じる音圧レベル

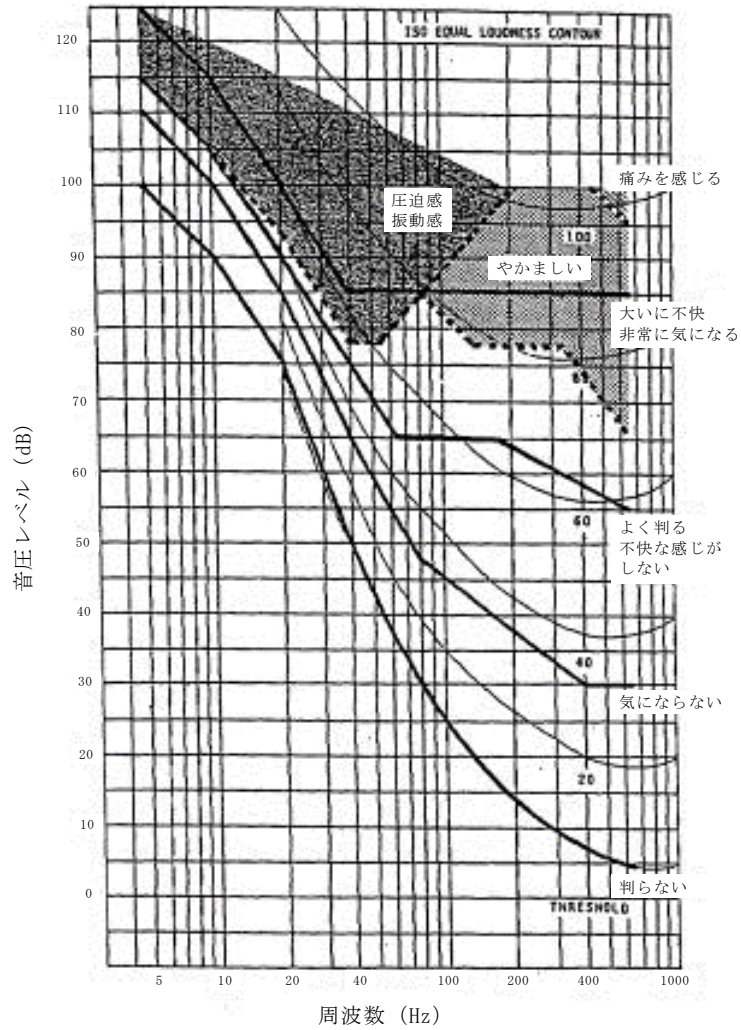
：「低周波音防止対策事例集」（平成14年3月、環境省環境管理局）に示される低周波音の感覚実験結果（図1.4.4-2）より「圧迫感、振動感」を感じる領域の下限の値より設定した。

建具のがたつき始める音圧レベル

：「低周波音防止対策事例集」に示される低周波音による建具のがたつきに関する実験室実験結果（図1.4.4-3）より「建具のがたつき始める値」の下限より設定した。

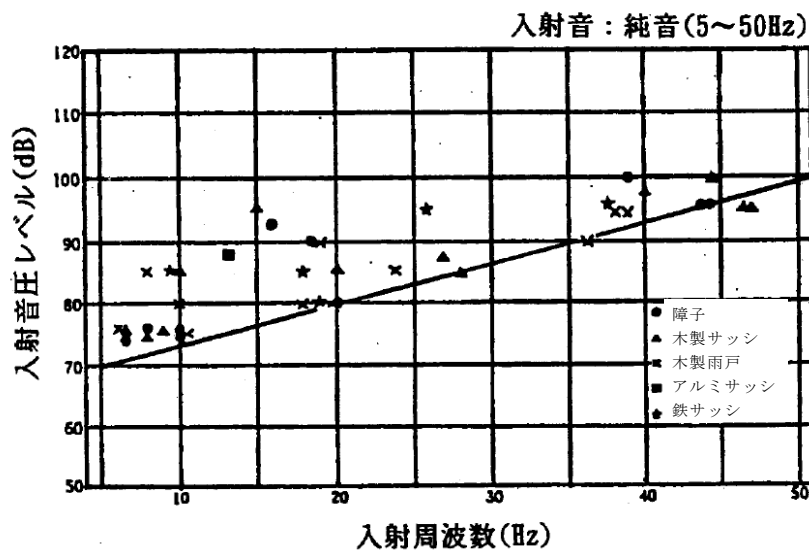
Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベル

：「A procedure for the assessment of low frequency noise complaints」（Andy T. Moorhouse, David C. Waddington, and Mags D. Adams (2009)）より設定した。



資料：「低周波音防止対策事例集」（平成 14 年 3 月、環境省環境管理局）

図 1. 4. 4-2 低周波音の感覚実験結果



資料：「低周波音防止対策事例集」（平成 14 年 3 月、環境省環境管理局）

図 1. 4. 4-3 低周波音による建具のがたつきに関する実験室実験結果

4.2 予測及び評価の結果

低周波音に係る予測事項は表1.4.4-6に、予測手法の概要は表1.4.4-7に示すとおりである。

表1.4.4-6 低周波音に係る予測事項

	予測事項
存在・供用による影響	(1)パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音

表1.4.4-7 低周波音に係る予測手法（存在・供用による影響）

影響要因の区分		予測事項	予測方法	予測地域・地点	予測対象時期等
存在・供用による影響	低周波音の発生	パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音	伝搬理論式により予測する方法	計画地及びその周辺	施設の稼働が定常状態となる時期

(1) パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音

① 予測地域及び地点

予測地域は図1.4.4-1に示した計画地西南西側の東地地区集落を包含する範囲とし、予測地点は現地調査地点と同様（地点A：図1.4.4-1参照）とした。

② 予測対象時期

予測対象時期は、施設の稼働が定常状態となる時期とした。

③ 予測方法

ア 予測手順

パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の予測手順は、図1.4.4-4に示すとおりである。

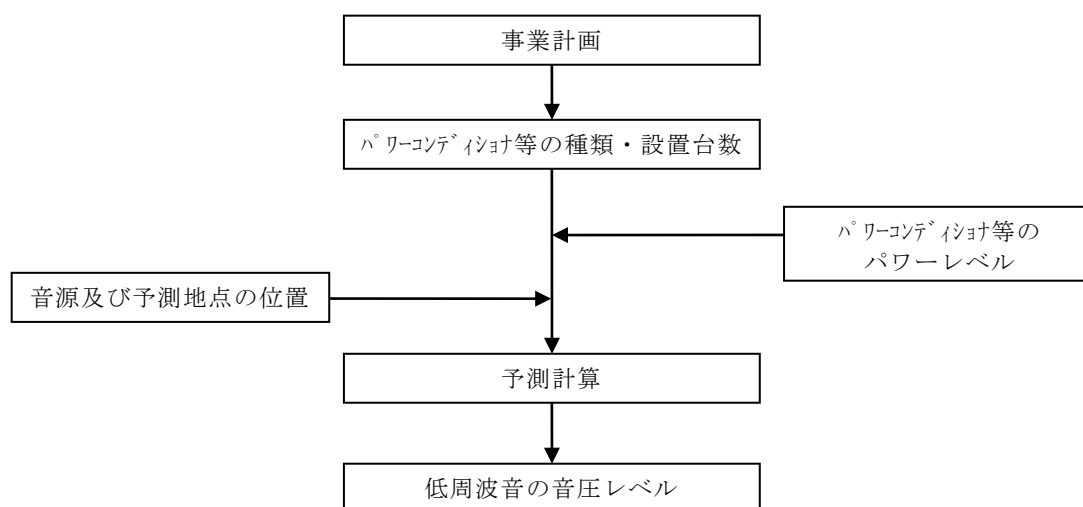


図1.4.4-4 パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の予測手順

イ 予測式

予測式は、点音源の伝搬理論式を用いた。なお、低周波音は回折減衰しにくいことを考慮して、地形等による回折減衰は考慮しないこととした。

$$L_i = L_w - 8 - 20 \log_{10} r$$

- L_i : 予測地点における音源 (i) ごとの音圧レベル (dB)
 L_w : 音源 (i) のパワーレベル (dB)
 r : 音源 (i) から予測地点までの距離 (m)

また、予測地点における騒音レベルは、以下に示す複数音源による音圧レベルの合成式より算出した。

$$L = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

- L : 予測地点における音圧レベル (dB)
 L_i : 予測地点における音源 (i) ごとの音圧レベル (dB)
 n : 音源の数

ウ 予測条件の設定

(7) パワーコンディショナ等の配置等の音源条件

計画地内に設置する設備機器で低周波音発生源となるパワーコンディショナ及び一次変圧器の種類・設置台数・パワーレベルは、表1.4.4-8に示すとおりである。

表1.4.4-8 パワーコンディショナ等の種類・設置台数・パワーレベル

低周波音発生源となる 設備機器の種類	設置 台数 (台)	1/3オクターブバンドレベル (平坦特性) (dB)					稼働時間
		31.5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 kHz	
パワーコンディショナ (一次変圧器含む)	7	64	81	81	80	81	春季・夏季：日中13時間程度 秋季・冬季：日中10時間程度 (一次変圧器は24時間)

注1) 測定データがある低周波音の周波数帯のデータを用いた。

注2) パワーコンディショナと一次変圧器は一体型であり、上記のパワーレベルに一次変圧器のパワーレベルは含まれている。ここで、騒音に係るA特性パワーレベル(100Hz以上の周波数別のパワーレベルも含む)は91dBであるのに対し、一次変圧器(単独稼働の場合)及び二次変圧器のA特性パワーレベルは51dB程度であり、10m距離で30dB未満となり、計画地外に影響を及ぼすことはないと考えられる。低周波音も同様の傾向であると考えられることから、単独での予測は行わないこととした。

(イ) 音源の位置

音源(パワーコンディショナ等)の位置は、「2 騒音 2.2(3)③ウ(イ)」図1.4.2-9 (p.1.4.2-28参照)に示すとおりである。また、音源の高さは地上1mとした。

④ 予測結果

パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の予測結果は、表1.4.4-9及び図1.4.4-5(1)～(3)に示すとおりである。

予測地点とした地点A（東地文化センター）の1/3オクターブバンド音圧レベル（31.5～80Hz：平坦特性）は、15.6～32.5dBとなると予測する。予測地点の各周波数帯の音圧レベルは、「圧迫感・振動感の下限」及び「建具のがたつきが始まる値」を下回り、Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベルも下回ると予測する。また、現況の低周波音の音圧レベルは44.7～49.5dBであり、このため、予測結果の低周波音の音圧レベルと合成すると44.7～49.5dBとなり、現況の低周波音の音圧レベルと同程度になると予測する。

表1.4.4-9 パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の予測結果

単位：dB

		低周波音の音圧レベル	参考指標 ^{注2)}				
			圧迫感、振動感を感じる音圧レベル	建具のがたつき始める音圧レベル	Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベル	現況の低周波音の音圧レベル	
平坦特性 ^{注1)}	1/3オクターブバンド中心周波数(Hz)	31.5	15.6 (49.5) ^{注3)}	83	87	56	49.5
		40	32.5 (47.6) ^{注3)}	78	93	49	47.0
		50	32.5 (44.7) ^{注3)}	78	99	43	44.7
		63	31.5 (46.1) ^{注3)}	80	—	42	46.1
		80	32.5 (44.7) ^{注3)}	84	—	40	44.7

注1) 平坦特性音圧レベル：人体の感覚に基づく補正を施さない音圧レベル

注2) 圧迫感、振動感を感じる音圧レベル

：「低周波音防止対策事例集」（平成14年3月、環境省環境管理局）に示される低周波音の感覚実験結果（図1.4.4-2）より「圧迫感、振動感」を感じる領域の下限の値より設定した。

建具のがたつき始める音圧レベル

：「低周波音防止対策事例集」に示される低周波音による建具のがたつきに関する実験室実験結果（図1.4.4-3）より「建具のがたつき始める値」の下限より設定した。

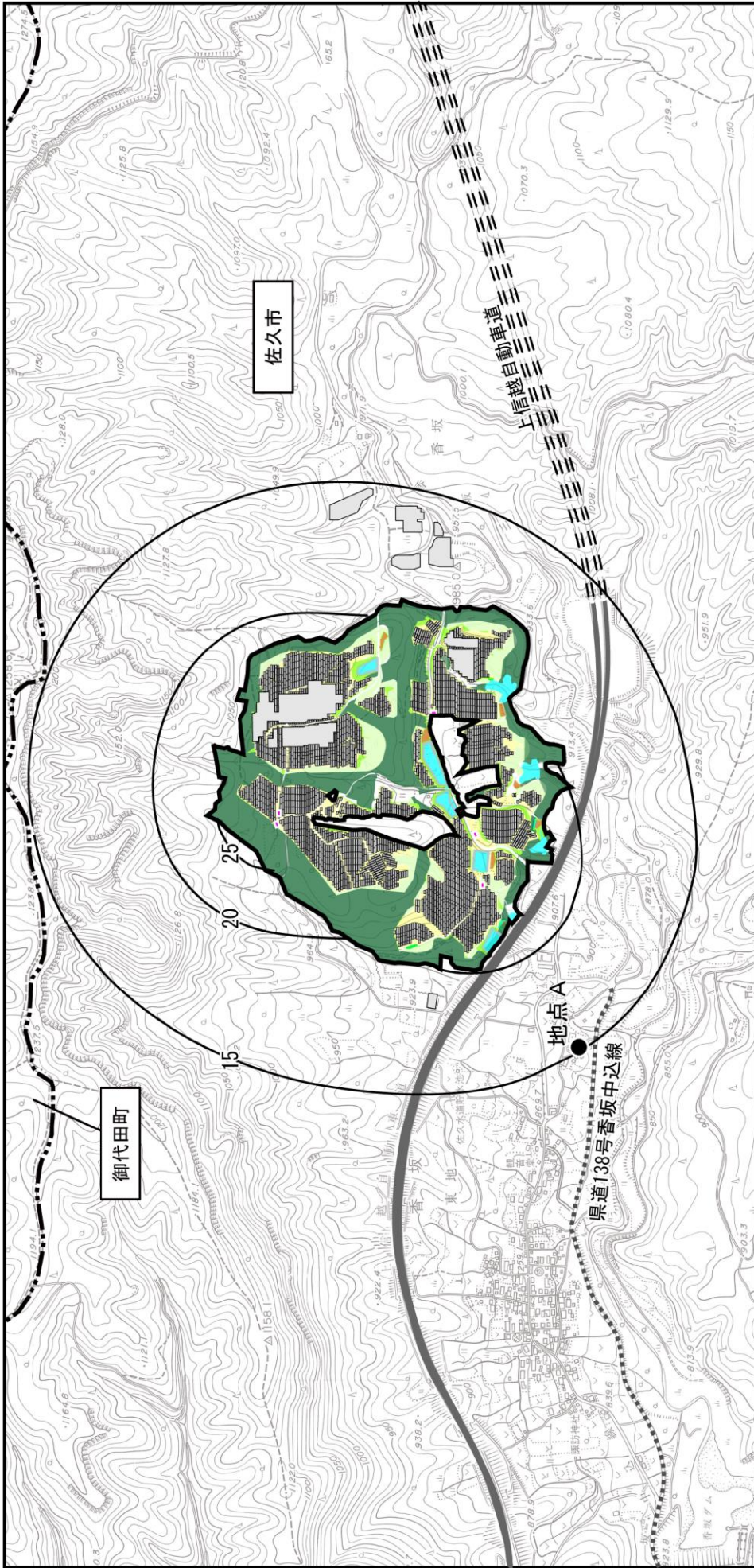
Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベル

：「A procedure for the assessment of low frequency noise complaints」（Andy T. Moorhouse, David C. Waddington, and Mags D. Adams (2009)）より設定した。

現況の低周波音の音圧レベル

：現地調査結果（表1.4.4-5参照）より設定した。

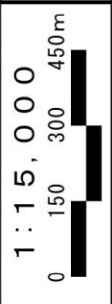
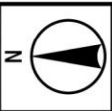
注3) () 内は、予測結果の低周波音の音圧レベルを現況の低周波音の音圧レベルと合成した値である。



凡例

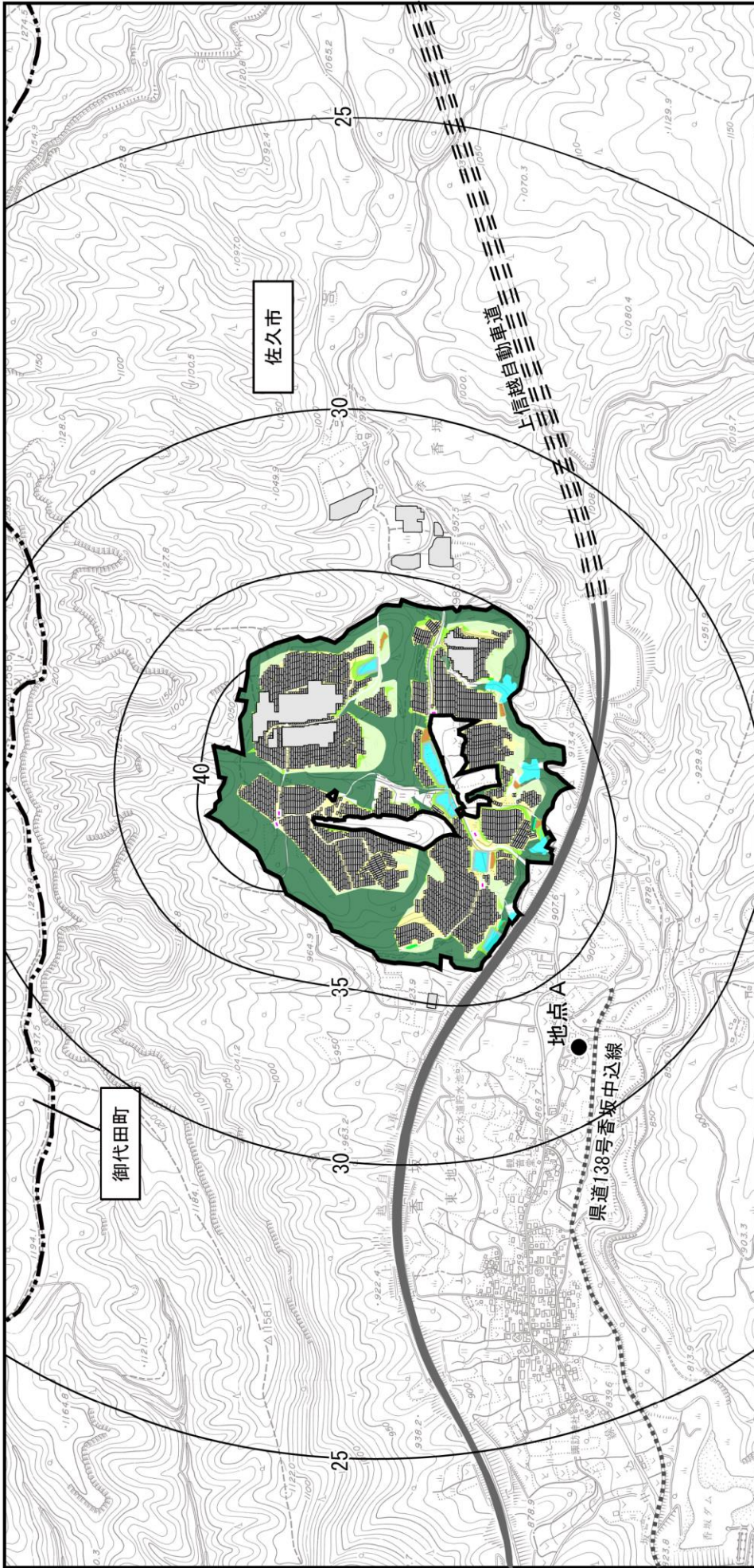
- 計画地
- 高速道路
- 等低周波音線 (dB)
- 市・町界
- 県道

注1) 図中の□は、既存の太陽光パネルの設置範囲である。
 注2) この地図は、佐久市の1万分の1佐久市NO. 3を使用したものである。



1:15,000

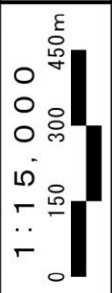
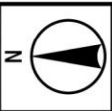
図 1.4.4-5(1) パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の予測結果 (31.5Hzの音圧レベル：平坦特性)



凡例

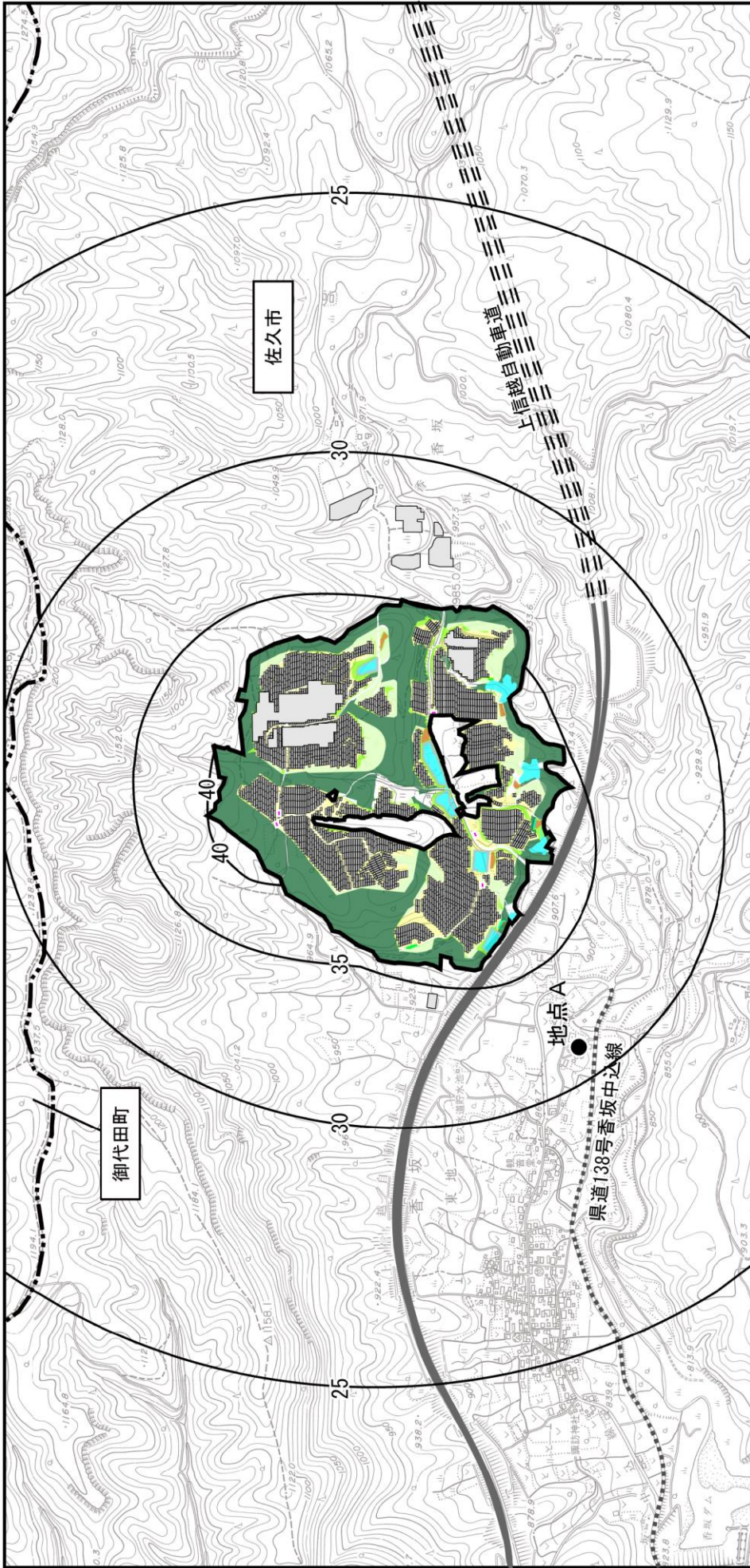
- 計画地
- 高速道路
- 等低周波音線 (dB)
- - - - 市・町界
- 県道

注1) 図中の□は、既存の太陽光パネルの設置範囲である。
 注2) この地図は、佐久市の1万分の1佐久市NO.3を使用したものである。



1:15,000

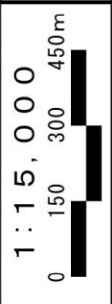
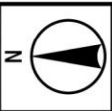
図 1.4.4-5(2) パワーコディシヨナ等の稼働に伴う低周波音の予測結果 (40・50・80Hz の音圧レベル : 平坦特性)



凡例

- 計画地
- 高速道路
- 等低周波音線 (dB)
- 市・町界
- 県道

注1) 図中の□は、既存の太陽光パネルの設置範囲である。
 注2) この地図は、佐久市の1万分の1佐久市NO.3を使用したものである。



1:15,000

図 1.4.4-5(3) パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の予測結果 (63Hzの音圧レベル: 平坦特性)

⑤ 予測結果の信頼性

予測結果の信頼性に係る条件の設定内容及び予測結果との関係は、表1.4.4-10に示すとおりである。

予測にあたっては、予測式は低周波音の予測（音源からの距離減衰の予測）に一般的に用いられている式を用い、パワーコンディショナ等の台数及び配置は事業計画に基づき設定している。このため、予測結果は環境影響の程度を評価するにあたって信頼性を有していると考えられる。

表1.4.4-10 予測結果の信頼性に係る条件設定内容と予測結果との関係

項目	設定内容	予測結果との関係
低周波音予測計算式	予測式は低周波音の予測（音源からの距離減衰の予測）の予測に一般的に用いられている式を用いている。	予測対象とする地点と設備機器の位置を考慮した予測式を用いている。なお、低周波音は回折減衰しにくいいため、地形等による回折減衰は考慮していない。このため、予測方法は適切と考える。
設備機器の稼働台数及び配置	設備機器の台数及び配置は、事業計画に基づき設定している。	施設が定常状態で稼働する場合の設備機器の台数及び配置を予測条件として用いている。このため、予測結果については影響が最大となる場合の条件を考慮していると考えられる。

⑥ 環境保全措置の内容と経緯

本事業の実施にあたっては、できる限り環境への影響を緩和させるため、表1.4.4-11に示す環境保全措置を講じる。

表1.4.4-11 環境保全措置（存在・供用による影響）

環境保全措置	環境保全措置の内容	環境保全措置の種類 ^{注)}
設備機器の適切な配置	東地地区集落側への低周波音を低減するよう、計画地敷地境界から距離を確保して配置する。	低減
設備機器の適切な維持管理	異常振動等による低周波音の影響を生じさせないように、パワーコンディショナ等に不具合等が生じた場合は要因を特定した後、適宜修繕を行うなど適切な維持管理を行う。	低減

注) 環境保全措置の種類

回避：全部または一部を行わないこと等により、影響を回避する。

低減：継続的な保護または維持活動を行うこと等により、影響を低減する。

代償：代用的な資源もしくは環境で置き換えまたは提供すること等により、影響を代償する。

⑦ 評価方法

調査結果、予測結果及び環境保全措置の内容を踏まえ、以下の観点から評価を行った。

ア 環境に対する影響緩和の観点

低周波音に係る環境影響が実行可能な範囲内でできる限り回避又は低減され、環境保全への配慮が適正になされているかについて評価を行った。

イ 環境保全のための目標等との整合の観点

低周波音の予測結果が表1.4.4-12に示す環境保全のための目標との整合が図られているかについて評価を行った。

表1.4.4-12 環境保全のための目標

環境保全目標	具体的な数値	備考
圧迫感、振動感を感じる音圧レベル以下とすること	下記の音圧レベル以下とした。 31.5Hz : 83dB 40Hz : 78dB 50Hz : 78dB 63Hz : 80dB 80Hz : 84dB	心理的影響を評価するため、「低周波音防止対策事例集」(平成14年3月、環境省環境管理局)に示される低周波音の感覚実験結果(図1.4.4-2)より「圧迫感、振動感」を感じる領域の下限の値より設定した。
建具のがたつき始める音圧レベル以下とすること	下記の音圧レベル以下とした。 31.5Hz : 87dB 40Hz : 93dB 50Hz : 99dB	物理的影響を評価するため、「低周波音防止対策事例集」に示される低周波音による建具のがたつきに関する実験室実験結果(図1.4.4-3)より「建具のがたつき始める値」の下限より設定した。
Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベル以下とすること	下記の音圧レベル以下とした。 31.5Hz : 56dB 40Hz : 49dB 50Hz : 43dB 63Hz : 42dB 80Hz : 40dB	低周波問題の可能性を評価するため、「A procedure for the assessment of low frequency noise complaints」(Andy T. Moorhouse, David C. Waddington, and Mags D. Adams (2009))より設定した。
現況を極力悪化させないこと	東地地区集落内の地点A(東地文化センター)での低周波音調査結果より、下記の音圧レベル以下とした。 31.5Hz : 49.5dB以下 40Hz : 47.0dB以下 50Hz : 44.7dB以下 63Hz : 46.1dB以下 80Hz : 44.7以下	現況の環境への影響を評価するため、計画地周辺の東地地区集落内の代表地点での現地調査結果より設定した。

⑧ 評価結果

ア 環境に対する影響緩和の観点

事業の実施にあたっては、「⑥ 環境保全措置の内容と経緯」に示したように、事業者としてできる限り環境への影響を緩和するため、「設備機器の適切な配置」、「設備機器の適切な維持管理」といった環境保全措置を講じる計画である。

以上のことから、パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の影響については、事業者の実行可能な範囲内でできる限り低減され、環境保全への配慮が適正になされていると評価する。

イ 環境保全のための目標等との整合の観点

パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の評価結果は、表1.4.4-13に示すとおりである。

予測地点とした地点A（東地文化センター）の1/3オクターブバンド音圧レベル（31.5～80Hz：平坦特性）は15.6～32.5dBとなり、環境保全の目標とした「圧迫感・振動感の下限」及び「建具のがたつきが始まる値」を下回ることから、圧迫感・振動感を感じさせる可能性や建具のがたつきを生じさせる可能性は低く、Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベルも下回ることから、低周波音問題を生じさせる可能性は低いと考える。

また、地点A（東地文化センター）の1/3オクターブバンド音圧レベル（31.5～80 Hz：平坦特性）は、環境保全の目標とした地点Aの現況低周波音の音圧レベルを10dB以上下回ることから、現況を悪化させないと考える。

以上のことから、環境保全のための目標との整合は図られていると評価する。

表1.4.4-13 パワーコンディショナ等の稼働に伴う低周波音の評価結果

予測地点	予測結果	環境保全目標
<p>地点A (東地文化センター)</p>	<p>31.5Hz : 15.6dB 40Hz : 32.5dB 50Hz : 32.5dB 63Hz : 31.5dB 80Hz : 32.5dB (低周波音の音圧レベル)</p>	<p>圧迫感、振動感を感じる音圧レベル以下 (下記の音圧レベル以下) とすること 31.5Hz : 83dB 40Hz : 78dB 50Hz : 78dB 63Hz : 80dB 80Hz : 84dB</p>
		<p>建具のがたつき始める音圧レベル以下 (下記の音圧レベル以下) とすること 31.5Hz : 87dB 40Hz : 93dB 50Hz : 99dB</p>
		<p>Moorhouseらによって提案されている低周波問題の有無を判定するための基準曲線の音圧レベル以下 (下記の音圧レベル以下) とすること 31.5Hz : 56dB 40Hz : 49dB 50Hz : 43dB 63Hz : 42dB 80Hz : 40dB</p>
		<p>現況を極力悪化させないこと (下記の音圧レベル以下とすること) 31.5Hz : 49.5dB 40Hz : 47.0dB 50Hz : 44.7dB 63Hz : 46.1dB 80Hz : 44.7dB</p>